Aus der II. Medizinischen Universitätsklinik in Hamburg

Direktor: Prof. Dr. Weitz

Experimentelle Untersuchungen über Veränderungen des Elektrokardiogramms bei verschiedenem Füllungszustand des Herzens

---

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Hansischen Universität

vorgelegt von

HEINRICH WARNECKE

AUS BREMEN

Hamburg 1938

Berichterstatter: Prof. Dr. Weitz

Gedruckt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Hansischen Universität

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Man legt heutzutage bei der Beurteilung des Elektrokardiogramms großen Wert auf die Höhe der Zacken der Herzstromkurve. Man ist geneigt, eine positive große T-Zacke als günstig zu bewerten, während man in einer Verkleinerung der T-Zacke etwas Ungünstiges sieht.

Man sieht Änderungen der T-Zacke bei entzündlichen, degenerativen oder nekrotischen Vorgängen; es werden eine ganze Reihe von schädigenden Einwirkungen angenommen, die zu teilweise vorübergehenden Veränderungen der Finalzacke führen, so infolge von Infektionen, Anämie, mangelhafter Blutversorgung der Kranzgefäße, starken sportlichen Leistungen usw. Auch nimmt man an, in einer Abflachung bzw. im Negativwerden der T-Zacke eine Schädigung des Herzmuskels zu sehen und glaubt, daraus schließen zu können, daß das Herz in seiner Leistungsfähigkeit herabgesetzt ist.

Der Größe der R-Zacke wird keine so große klinische Bedeutung beigemessen. In einer kleinen R-Zacke und tiefen S-Zacke in der ersten Ableitung und in einer großen R-Zacke in der dritten Ableitung sieht man ein Rechtsüberwiegen, dagegen spricht man von einem Linksüberwiegen, wenn eine hohe R-Zacke in der ersten Ableitung und eine kleine R-Zacke und eine tiefe S-Zacke in der dritten Ableitung gefunden wird. Die zweite Ableitung zeigt dabei vielfach eine ebenso große S- wie R-Zacke, oder sie gleicht in ihrer Hauptschwankung mehr oder weniger einer der beiden anderen Ableitungen. Man hat früher angenommen, aus dieser Form des Elektrokardiogramms allein das Vorliegen einer Hypertrophie einer Kammer feststellen zu können, man hat aber dann gefunden, daß ähnliche Herzstromkurven erhalten werden können, wenn das Herz, ohne daß eine Hypertrophie besteht, um seine Sagittal- oder Frontalachse gedreht ist. Die Lageveränderungen des Herzens beeinflussen sein elektrokardiographisches Bild, so findet man bei ausgesprochener Herzquerlage einen Linkstyp, wogegen bei Herzsteillage mehr der Rechtstyp beobachtet wird (1). Weiterhin sind in mehreren Arbeiten elektrokardiographische Veränderungen in Hinsicht auf die Zackengröße bei Herzuntersuchungen bei

Arbeitsbelastungen beschrieben worden, die teilweise ein wechselndes Ergebnis boten. So fand Marzahn (2) bei mittlerer Arbeitsbelastung eine Verkleinerung von R und T, während er bei starker Arbeitsbelastung ebenfalls eine Verkleinerung von R, dagegen aber in manchen Fällen eine sehr weitgehende Vergrößerung von T registrierte. Weiterhin haben Schlomka und Reindell (5) und Sven Akesson (6) Untersuchungen über das Verhalten des Elektrokardiogramms beim Übergang vom Liegen zum Stehen gemacht. Die von ihnen gefundenen Veränderungen der Zackengröße der Herzstromkurve werden mit einer Änderung der Blutverteilung im menschlichen Körper in Zusammenhang gebracht. Auf die Ergebnisse ihrer Versuche wird später ausführlicher eingegangen werden.

Experimentelle Untersuchungen über elektrokardiographische Veränderungen der Zackengröße sind aber nicht so zahlreich.

In dieser Hinsicht sind experimentelle Untersuchungen unter anderen von Seemann (3) gemacht. Er fand am Froschherzen, daß bei zunehmender Herzfüllung sowohl die Anfangsschwankung als auch die T-Zacke in ihrer Größe abnehmen. Die Ursache für die Verkleinerung der Ventrikelzacken sah Seemann in einer stärkeren Blutfüllung des Herzens. Er sagt, daß durch die Flüssigkeit im Herzinnern die in der Herzwand entwickelte elektrische Spannung kurz geschlossen und der Strom vom Galvanometer zum Teil abgelenkt werde. Er kommt nun zur Anschauung, daß bei größerer Füllung die Herzwand mehr gedehnt werde und daß dadurch alle Teile der Innenfläche mit der Flüssigkeit besser in Berührung träten und daß somit durch die größere Leitfähigkeit der Kurzschluß verstärkt werde, was eine Verkleinerung der Zacken zur Folge hätte. Seine Anschauung bewies Seemann dadurch, daß er zeigte, daß bei Füllung des Herzens mit einer nicht leitenden Flüssigkeit, mit Petroleum, keine Veränderungen der Herzstromkurve auftraten, daß vielmehr das Herz im leeren wie im mit Petroleum gefüllten Zustand das gleiche Elektrokardiogramm lieferte.

Weiterhin hat Weitz (4) Änderungen im Elektrokardiogramm bei Änderung des Schlagvolumens studiert. Durch mechanische Beeinflussung hat Weitz Schlagvolumenvermehrung oder Schlagvolumenverminderung hervorgerufen. Die Experimente wurden an Katzen vorgenommen. Die mechanische Beeinflussung wurde durch Abklemmung der Vena cava inferior und durch Abklemmung der Bauchaorta erreicht, ferner wurden die Elektrokardiogramme bei Verblutung aus der Vena cava inferior und aus der Bauchaorta registriert.

Die Ergebnisse dieser Versuche waren folgende: In der Regel fand sich bei Abklemmung der Vena cava inferior und bei den Verblutungsversuchen, also bei Verringerung der Herzfüllung, eine Größenabnahme der Zacke P, dagegen nahm die Nachschwankung bei verringerter Herzfüllung an Größe zu. Bei Abklemmung

der Bauchaorta, also bei Zunahme der Herzfüllung fand sich gelegentlich eine Vergrößerung der Zacke P, dagegen wurde die Zacke T im allgemeinen deutlich kleiner gefunden. Die Größen der Zacken Q, R und S zeigten keine sichere Abhängigkeit von der Herzfüllung.

Weitz sagt in seiner Arbeit, daß auf die Größe der Ausschläge zwei Faktoren Einfluß haben, sowohl die Kontraktionsstärke als auch die Blutfüllung. Er kommt auf Grund seiner experimentellen Versuche zu folgendem Resultat: Auf die Größe der Zacke P hat wahrscheinlich die Blutfüllung, sicher die Kontraktionskraft, auf die Größe der Zacke T Blutfüllung und Kontraktionskraft Einfluß. Vermehrte Kontraktionskraft und verringerte Blutfüllung vergrößern die Zacken, verminderte Kontraktionskraft und vergrößerte Blutfüllung verkleinern sie. Auf die Zacken Q, R und S üben Kontraktionskraft und Blutfüllung keinen sicher erkennbaren Einfluß aus.

Wie wirkt sich nun eine verschiedene Blutfüllung beim menschlichen Herzen aus?

An Hand von experimentellen Versuchen sollte festgestellt werden, wie weit Änderungen der Zackengröße im Elektrokardiogramm auftreten. Das Herz sollte durch irgendwelche Lageänderungen oder durch irgendwelche belastende Körpertätigkeit nicht beeinflußt werden. Es galt also bei den Versuchen eine Änderung der Herzfüllung durch rein mechanische Beeinflussung zu erreichen, um so möglichst eindeutige Ergebnisse zu bekommen.

Als Versuchspersonen wurden Männer im Alter von 18 Jahren bis zu 28 Jahren genommen, die einen guten körperlichen Allgemeinzustand aufwiesen, deren körperliche Betätigung durchschnittlich war und die klinisch in jeder Hinsicht gesund waren.

Bei der ersten Anordnung der Versuche wurde von der Vorstellung ausgegangen, daß eine größere Blutmenge zentralwärts aus den Extremitäten verdrängt wird, wenn man durch entsprechende Wickelung in den Extremitäten eine Blutleere hervorruft; bei dieser zentralen Blutvermehrung ist eine größere Füllung des Herzens anzunehmen. Die Röntgenkontrolle bestätigt die vermehrte Füllung des Herzens.

Die Personen wurden in bequemer Rückenlage gelagert, das Extremitätenelektrokardiogramm zunächst in den drei üblichen Ableitungen geschrieben. (Elektrokardiogramm in Ruhelage.)

Dann wurden die Beine und Arme mit kräftigen Gummibinden von peripher nach zentralwärts umwickelt, also im Sinne einer Autotransfusion blutleer gemacht, und dann das Elektrokardiogramm bei vermehrter Herzfüllung aufgenommen. (2. Elektrokardiogramm.)

Dann wurden die Bandagen rasch entfernt, nach ihrer Lösung sieht man, daß die Extremitäten sich rot färben, die sichtbaren Venen werden stark gefüllt. Wenn man ein Bandmaß um die Extremitäten legt, so kann man deutlich sehen, daß ihr Umfang gegenüber dem Normalwert gesteigert ist. Das Blut schießt somit in die Extremitäten, in diesem Augenblick muß die Füllung des Herzens vermindert sein. Erneute Aufnahme der Herzstromkurve bei verminderter Herzfüllung. (3. Elektrokardiogramm.)

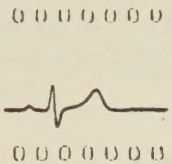
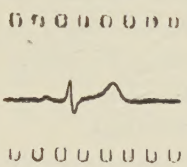
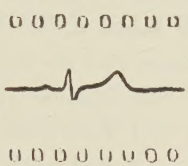
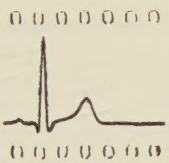
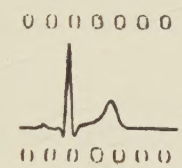
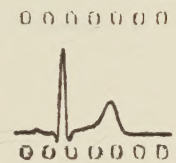
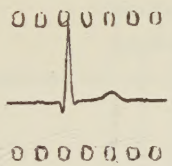
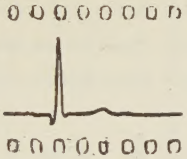
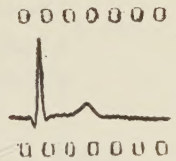
In einer Reihe von Fällen habe ich die Versuchsperson nach der Lösung der Bandage über 10 Minuten liegenlassen und dann eine erneute Aufnahme des Elektrokardiogramms vorgenommen. Es war zu erwarten, daß jetzt wieder eine Normalfüllung des Herzens bestand. Die Extremitäten waren wieder abgeblaßt, die sichtbaren Venen zeigten den Normalzustand wie vor der Bandagierung. (4. Elektrokardiogramm.)

Bemerkt sei noch, daß während der Registrierung der verschiedenen Herzstromkurven die Elektroden an den Extremitäten befestigt gelassen wurden, so daß ihr Sitz während der gesamten Versuchsanordnung derselbe war.

Die Ergebnisse dieser ersten Versuchsanordnung ergaben Unterschiede in Hinsicht auf die Höhe der Zacken. Als Beispiel sei eine Abbildung gegeben.

Die nebeneinander dargestellten Aufnahmen zeigen die Kurven bei verschiedenem Füllungszustand des Herzens. Untereinander sind die drei üblichen Extremitätenableitungen aufgeführt.

Versuchsperson H. W.

	1. Ekg. in Ruhelage	2. Ekg. Arme und Beine bandagiert (vermehrte Füllung)	3. Ekg. Nach Lösen der Bandagen (verringerte Füllung)
I. Abl.			
II. Abl.			
III. Abl.			

Der Vergleich der Aufnahmen zeigt bei *vermehrter Herzfüllung* ein Kleinerwerden der Zacke R in der ersten Ableitung, während R in der zweiten und dritten Ableitung nicht wesentlich verändert wird. Die Zacke T wird bei der größeren Füllung in der ersten Ableitung etwas erniedrigt, in der zweiten Ableitung nicht wesentlich verkleinert, in der dritten Ableitung deutlich kleiner.

Bei *verminderter Herzfüllung* findet sich nach Lösen der Bandagen im Gegensatz zum vorigen Elektrokardiogramm keine auffällige Veränderung der Zacke R in der ersten und zweiten Ableitung, dagegen eine geringe Zunahme von R in der dritten Ableitung. Auffallend sind aber die T-Zacken verändert, die in allen drei Ableitungen größer werden, besonders ausgeprägt in der zweiten und dritten Ableitung.

Die P-Zacke zeigt bei diesem Versuch keine sichtbare Veränderung.

Die weiteren Beispiele sind so dargestellt, daß die jeweiligen Höhen der Zacken in den sich entsprechenden Ableitungen graphisch nebeneinander aufgezeichnet sind. Eine Linie, die die Höhenunterschiede miteinander verbindet, ergibt Aufschluß über die jeweilige Veränderung der Zackengröße bei dem verschiedenen Füllungszustand des Herzens. Aus Gründen der besseren Deutlichkeit ist eine dreifache Vergrößerung der Höhenlinien gewählt worden.

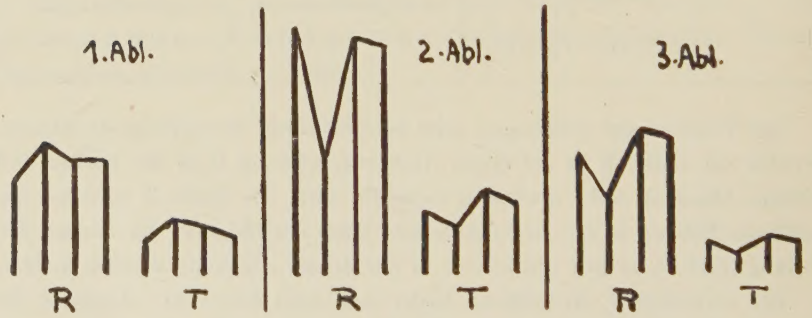
Die erste Kurve ergibt also die Veränderung des Höhenunterschiedes der R-Zacke in der ersten Ableitung unter den verschiedenen Versuchsbedingungen, die zweite Kurve die Veränderungen der Zacke T in der ersten Ableitung. Ebenso sind die Zackenhöhen der zweiten und dritten Ableitung aufgezeichnet.

Nebeneinander sind dargestellt:

1. Zackenhöhe in Ruhelage,
2. Zackenhöhe bei bandagierten Extremitäten,
3. Zackenhöhe nach Lösung der Bandagen,
4. Zackenhöhe zehn Minuten nach Lösung der Bandagen.

Versuchsperson We.

1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Arme und Beine bandagiert
3. Senkrechte: Nach Lösen der Bandagen
4. Senkrechte: Zehn Minuten nach Lösen der Bandagen



In diesem Versuch findet sich bei bandagierten Extremitäten (2. Senkrechte) und somit bei *vermehrter* Herzfüllung eine Steigerung der R-Zacke und der T-Zacke in der ersten Ableitung. In der zweiten und dritten Ableitung sieht man ein besonders ausgeprägtes Abfallen der Zacke R und ein deutliches Kleinwerden der Zacke T.

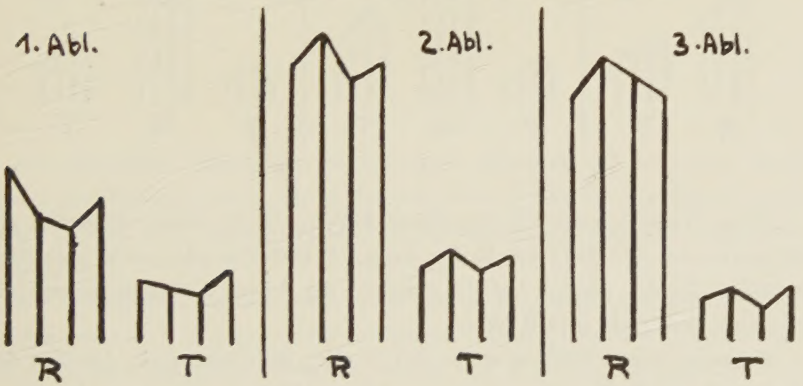
Nach Lösung der Bandagen (3. Senkrechte), also bei verminderter Füllung, fällt die Zackengröße R in der ersten Ableitung, während T in der ersten Ableitung nicht wesentlich verändert wird. In der zweiten und dritten Ableitung kommt es dagegen zu einem deutlichen Wiederansteigen der Zacken R und T, wobei T in der zweiten Ableitung und R in der dritten Ableitung deutlich die Höhe des Ruheelektrokardiogramms übersteigt.

Ein nach 10 Minuten nach Lösen der Bandagen aufgenommenes Elektrokardiogramm zeigt nur noch wenige Veränderungen, die Zacke T zeigt wieder eine Höhe wie im Ausgangselektrokardiogramm.

Bei diesem Versuch verhält sich die erste Ableitung bei den verschiedenen Versuchsbedingungen entgegengesetzt zu der zweiten und dritten Ableitung.

Versuchsperson Pe.

1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Arme und Beine bandagiert
3. Senkrechte: Nach Lösen der Bandagen
4. Senkrechte: Zehn Minuten nach Lösen der Bandagen



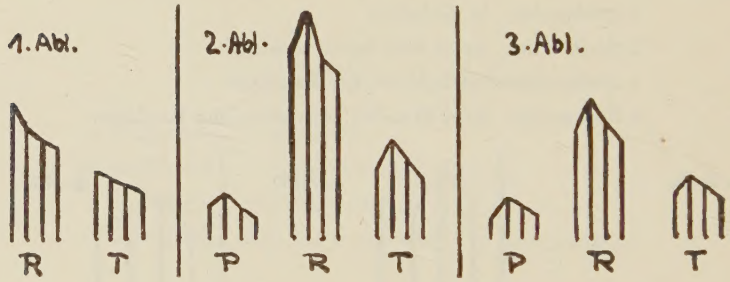
Die *vermehrte* Füllung hat in der ersten Ableitung eine Verkleinerung sowohl der R-Zacke als auch der T-Zacke zur Folge, in der zweiten Ableitung und in der dritten Ableitung finden sich R sowie T erhöht. Die Zacken R und T verändern sich bei vermehrter Füllung gleichsinnig.

Die *verminderte* Füllung bietet ein weiteres Abfallen der Zackenhöhe von R und T in der ersten Ableitung, dagegen ein Kleinerwerden der vorher vergrößerten Zacken in der zweiten und dritten Ableitung.

Die vierte Aufnahme, in der eine wieder eingetretene Normalfüllung angenommen wird, zeigt, daß sich die Zacken im Verhältnis zur verminderten Füllung entgegengesetzt verändern, d. h. wo wir einen Abfall fanden, erfolgt jetzt eine Steigerung, nur R in der dritten Ableitung fällt weiter. Im allgemeinen entspricht aber die Zackenhöhe der des zu Beginn des Versuches aufgenommenen Ruheelektrokardiogramms.

Versuchsperson Scha.

1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Arme und Beine bandagiert
3. Senkrechte: Nach Lösen der Bandagen
4. Senkrechte: Zehn Minuten nach Lösen der Bandagen



Dieser Versuch zeigt bei *vermehrter* Füllung in der ersten Ableitung ein Kleinerwerden der Höhe von R, die Zacken P und T werden nicht wesentlich verändert. In der zweiten Ableitung und in der dritten Ableitung werden die Zacken P und T als auch R höher.

Bei *verminderter* Füllung ergibt sich in allen Ableitungen ein Abfallen der Zacken R und T, P wird auch in der zweiten Ableitung kleiner, in der ersten und dritten aber nicht wesentlich verändert.

Nach 10 Minuten nach Lösung der Bandagen wird R in allen Ableitungen weiter kleiner, die Zacke T ebenfalls in der zweiten Ableitung und geringer in der dritten Ableitung. Die Zacke P wird in der zweiten und dritten Ableitung kleiner.

In diesem Versuch verändern sich in allen Ableitungen die Zacken in gleichsinniger Weise.

Versuchsperson B. W.

1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Arme und Beine bandagiert
3. Senkrechte: Nach Lösen der Bandagen
4. Senkrechte: Zehn Minuten nach Lösen der Bandagen

Bei *vermehrter* Füllung tritt in der ersten Ableitung eine Erhöhung von R und T ein, dagegen findet sich in der Ableitung II und III eine Erniedrigung dieser Zacken. Die Vorhofzacke wird in der zweiten Ableitung ebenfalls etwas kleiner.

Bei *verminderter* Füllung sehen wir in der ersten Ableitung R und T kleiner werden sowie auch R in der dritten Ableitung. Dagegen kommt es in der zweiten Ableitung zum deutlichen Ansteigen von R und T und P, ebenfalls ist T in der dritten Ableitung vergrößert. Die nächste Aufnahme 10 Minuten nach Abnahme der Bandagen ergibt, daß R in der ersten und der dritten Ableitung wieder ansteigt, und daß R in der zweiten Ableitung und T in der ersten und zweiten Ableitung abfällt, während T in der dritten Ableitung nicht wesentlich verändert erscheint.

Dieser Versuch zeigt unter den verschiedenen jeweiligen Bedingungen ein gleichsinniges Verhalten der Zackenhöhe von R und T und P in der zweiten Ableitung, dagegen weisen die erste und dritte Ableitung Abweichungen auf.

Weitere Versuchspersonen boten in ihrer Herzstromkurve bei vermehrter Füllung teilweise eine Senkung der Zackengröße, teilweise aber auch eine Erhöhung. Auffällig ist dabei wiederum, daß sich R und T in ein und derselben Ableitung nicht immer gleich verhalten, ferner, daß teilweise die Ableitungen untereinander entgegengesetzte Abweichungen aufweisen.

Betrachten wir die Ergebnisse der von den einzelnen Versuchspersonen gewonnenen Elektrokardiogramme, so zeigt sich nicht immer ein konstantes Verändern der Zackenhöhen.

Bevor versucht werden soll, eine Erklärung über das Verhalten der Zackenveränderungen zu geben, sollen einige weitere andersartige Versuchsanordnungen und deren Ergebnisse aufgezeigt werden.

Bei der zweiten Versuchsanordnung wurde von der Überlegung ausgegangen, daß man experimentell eine Verkleinerung der Herzfüllung erreichen kann, wenn man durch Stauung des Blutes in den vier Extremitäten Blut peripher zurückhält. Die Stauung erfolgte mittels breiter Gummibinden, die jeweils um die beiden Oberschenkel und Oberarme gelegt wurden. Die Extremitäten zeigten dabei die bekannte blaurote Verfärbung, die sichtbaren Venen waren prall gefüllt.

Nach Lösung der Abbindung muß naturgemäß die Füllung des Herzens wieder zunehmen.

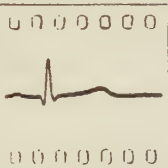
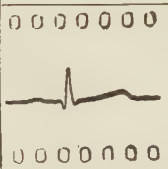
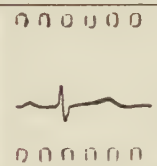
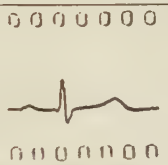
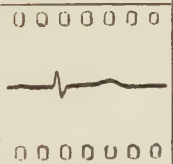
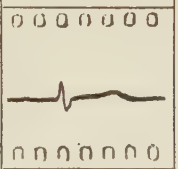
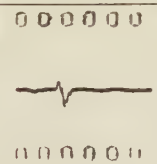
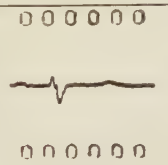
Diese Versuche wurden wiederum an gesunden Studenten gemacht, die während der verschiedenen Aufnahmen sich auf einem Liegesofa in bequemer Rückenlage befanden. Die Versuchspersonen durften während der einzelnen Kurvenregistrierungen ihre Rückenlage nicht verändern, so daß auch hier keine Änderung der Herzlagerung zu erwarten ist.

Zunächst wurde das Ruheelektrokardiogramm aufgenommen, dann wurden die Herzstromkurven bei gestauten Extremitäten, dann nach Lösung der Abbindungen geschrieben. Bei einzelnen Personen wurden auch Aufnahmen nach weiteren 10 Minuten gemacht.

Die sich in dieser Versuchsanordnung ergebenen Veränderungen der Zackenhöhen sollen in einigen Beispielen veranschaulicht werden.

Versuchsperson Za.

Nebeneinander sind die Herzstromkurven dargestellt, wie sie bei dem verschiedenen Füllungszustand gezeichnet wurden. Untereinander sind die drei Extremitätenableitungen dargestellt.

	1. Ekg. in Ruhelage	2. Ekg. Extremitäten gestaut (verminderte Füllung)	3. Ekg. Stauung ab. (vergrößerte Füllung)	4. Ekg. 10 Minuten später
I. Abl.				
II. Abl.				
III. Abl.				

Die *verminderte* Füllung bei Stauung der Extremitäten bedingt in allen Ableitungen im Vergleich zum Ruheelektrokardiogramm ein deutliches Größerwerden sowohl der R-Zacke als auch der Zacke T, nur die Vorhofzacke bleibt unverändert.

Nach Abnahme der Abbindungen, bei somit *vergrößerter* Herzfüllung, erfolgt in allen Ableitungen eine ausgeprägte Abnahme der Zackengröße von R und T, ebenfalls wird P in der zweiten Ableitung kleiner.

Eine weitere nach 10 Minuten aufgenommene Stromkurve zeigt wiederum ein Ansteigen beider Zacken R und T, so daß diese beiden Zacken ihre Anfangshöhe wieder erreicht haben.

Es findet sich zwischen den Zacken R und T unter den verschiedenen Versuchsbedingungen in allen Ableitungen ein gleichsinniges Verhalten.

Die Veränderungen der Zackengrößen bei weiteren Versuchspersonen sollen wiederum in graphischer Darstellung aufgezeigt werden.

Nebeneinander ist (wegen der Deutlichkeit in dreifacher Vergrößerung) die jeweilige Höhe der einzelnen Zacken bei dem verschiedenen Füllungszustand gezeichnet. Die einzelnen Höhen werden durch eine Linie untereinander verbunden und somit das Verhalten der Zackengrößen unter den verschiedenen Bedingungen deutlicher. Zunächst ist die Zacke R in der ersten Ableitung dargestellt, daneben T in der ersten Ableitung, dann folgen R und daneben T in der zweiten Ableitung, dann R und T in der dritten Ableitung.

Nebeneinander findet man also die Zackenhöhe:

1. in Ruhelage,
2. bei gestauten Extremitäten und somit verminderter Herzfüllung,
3. nach Lösung der Abbindungen, wobei die Herzfüllung wieder zunimmt,
4. 10 Minuten nach Entfernung der Abbindungen (in einigen Fällen).

Versuchsperson Lu.

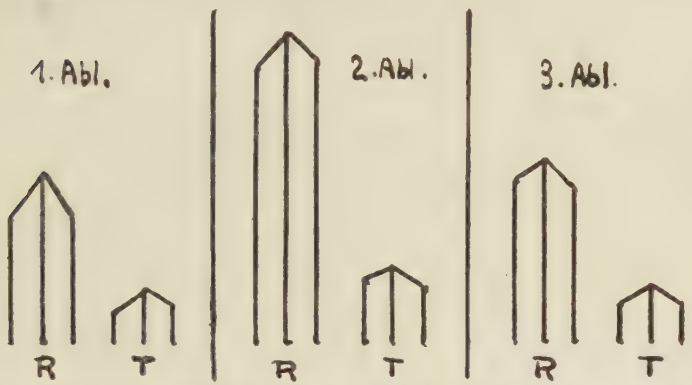
1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Extremitäten gestaut
3. Senkrechte: Stauung ab

Bei *verminderter* Füllung findet sich in allen Ableitungen im Gegensatz zum Ruheelektrokardiogramm ein zumeist deutliches Kleinerwerden der Zacke R und T, eine gleiche Veränderung erfährt P in der zweiten Ableitung.

Nach Lösung der Abbindungen findet sich in allen Ableitungen ein Wiederansteigen der Zacken R und T, ebenfalls der Zacke P in der zweiten Ableitung. R und T verändern sich bei diesem Versuch in allen Ableitungen in gleicher Weise.

Versuchsperson Schm.

1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Extremitäten gestaut
3. Senkrechte: Stauung ab



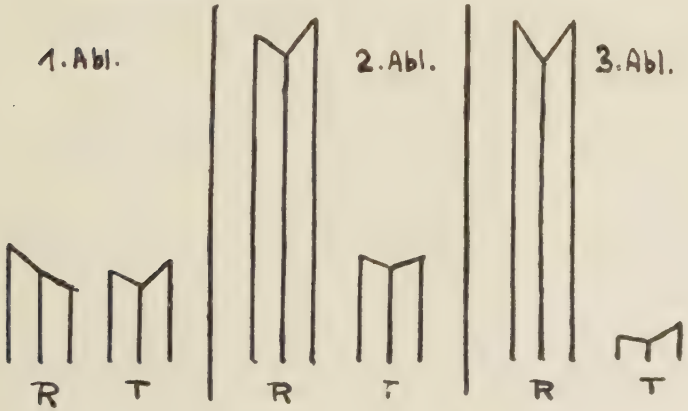
Bei *verminderter* Füllung ergibt sich hier ein mehr oder weniger ausgeprägtes Größerwerden der Zacken R und T in allen drei Ableitungen.

Bei *wieder gefülltem* Herzen werden die Zackenhöhen in allen Ableitungen wieder kleiner.

R und T verhalten sich zueinander konkordant.

Versuchsperson Wa.

1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Extremitäten gestaut
3. Senkrechte: Stauung ab

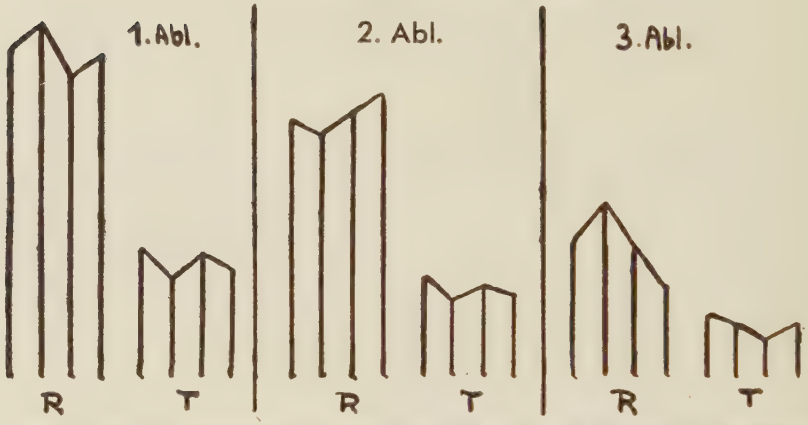


Bei gestauten Extremitäten ergibt sich in der ersten und zweiten Ableitung ein Absinken von R und T, in der dritten Ableitung wird R ebenfalls kleiner, T wird nicht wesentlich verändert.

Nach Abnahme der Staubinden fällt R in der ersten Ableitung weiter, sonst steigen in allen Ableitungen R und T wieder an. Die Zacken R und T zeigen in diesem Versuch in der ersten und dritten Ableitung ein ungleiches Verhalten. Die Zacke P hat keine sichtbaren Veränderungen erfahren.

Versuchsperson Jae.

1. Senkrechte: In Ruhelage
2. Senkrechte: Extremitäten gestaut
3. Senkrechte: Stauung ab
4. Senkrechte: Zehn Minuten später



Bei gestauten Extremitäten verhalten sich in der ersten Ableitung die Zacken R und T entgegengesetzt, R wird größer, T wird kleiner. Die zweite Ableitung ergibt ein Abfallen sowohl von R als auch von T, in der dritten Ableitung steigt wiederum R an, T wird nicht wesentlich verändert.

Nach Abnahme der Staubinden fällt R in der ersten Ableitung und in der dritten Ableitung ab, während R in der zweiten Ableitung größer wird. Die Zacke T erfährt eine Vergrößerung in der ersten und zweiten Ableitung, in der dritten Ableitung dagegen wird T etwas kleiner.

Ein nach 10 weiteren Minuten aufgenommenes Elektrokardiogramm zeigt, daß sich die Zacken im Vergleich zur vorigen Herzstromkurve im allgemeinen entgegengesetzt verändern, d. h. wo eine Steigerung beobachtet wurde, findet sich jetzt ein Abfall und umgekehrt, nur die Zacke R in der zweiten Ableitung wird weiterhin größer und R in der dritten Ableitung fällt weiter ab.

In diesem Versuch verändern sich die Zacken R und T nicht in gleicher Weise, auch zeigen die Zacken in den einzelnen Ableitungen ein verschiedenes Verhalten.

Weitere Versuche in dieser Anordnung ergaben in der Herzstromkurve ähnliche Veränderungen der Zackenhöhe.

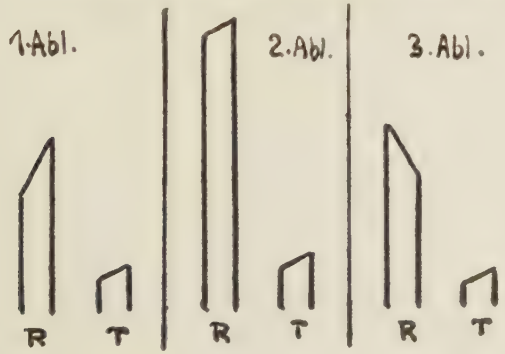
Ferner wurden die Herzstromkurven von Personen aufgenommen, denen ein Aderlaß gemacht wurde. Es handelte sich dabei um gesunde Blutspender für Transfusionen. Das Elektrokardiogramm wurde vor dem Aderlaß im Liegen geschrieben, unmittelbar nach der Blutentnahme wurde dann eine erneute Aufnahme gemacht, in diesem Augenblick mußte das Herz eine verminderte Füllung aufweisen.

Zu bemerken ist bei diesen Versuchen noch, daß kleine Aderlässe von 250 bis 350 ccm noch keine wesentlichen Veränderungen ergaben, höchstens daß die Zacke R in ihrer Höhe, wenn auch nicht bedeutend, beeinflußt wurde. Aderlässe über 500 ccm ergaben aber Veränderungen, die sowohl die Zacke R als auch die Zacke T betrafen.

Bei einer gesunden Person wurden zum Zwecke einer Bluttransfusion 1000 ccm Blut aus der Vene entnommen. Es wurde vor der Entnahme des Blutes ein Elektrokardiogramm aufgenommen und ein weiteres Elektrokardiogramm nach Abgabe des Blutes registriert.

Die Zacke R verhielt sich verschiedenartig, R wurde bei verminderter Herzfüllung in der ersten und zweiten Ableitung höher, in der dritten Ableitung niedriger. Die T-Zacke nahm in ihrer Höhe in allen drei Ableitungen zu.

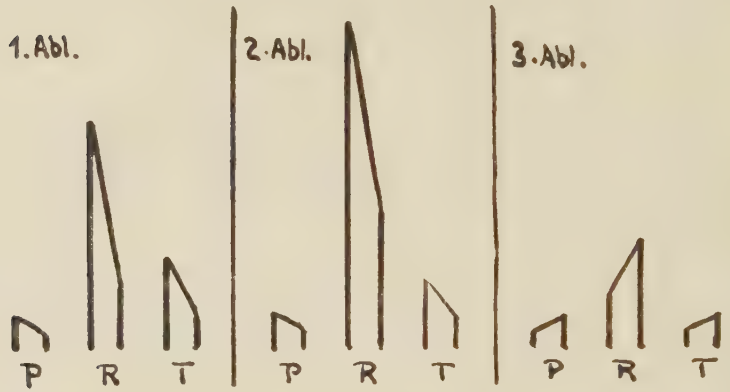
1. Senkrechte: Vor dem Aderlaß
2. Senkrechte: Nach dem Aderlaß von 1000 ccm



Versuchsperson Schu.

Bei einem 24jährigen jungen Mann wurde aus experimentellen Gründen ein Aderlaß von 1000 ccm gemacht. Die vor und nach dem Aderlaß geschriebenen Herzstromkurven ergaben ausgesprochene Veränderungen, die die Zackenhöhen betrafen.

1. Senkrechte: Vor dem Aderlaß
2. Senkrechte: Nach dem Aderlaß von 1000 ccm



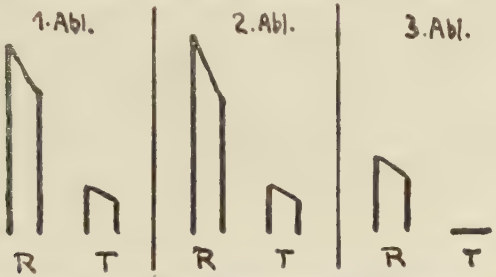
Bei der *verminderten* Herzfüllung fanden sich in der ersten und zweiten Ableitung deutliche Erniedrigungen der Zacken P, R und T, in der dritten Ableitung dagegen wurden Erhöhungen sämtlicher Zacken beobachtet.

Die Zacken veränderten sich in den jeweiligen Ableitungen in gleichsinniger Weise, die Ableitungen untereinander zeigten jedoch ein verschiedenartiges Verhalten.

Zum anderen wurde die Herzstromkurve einer Patientin aufgenommen, die eine Bluttransfusion von 1000 ccm bekam, und zwar vor und nach der Transfusion. Da so die vorhandene Blutmenge vermehrt wurde, war zu erwarten, daß das nach der Transfusion aufgenommene Elektrokardiogramm bei einem Herz mit vergrößertem Füllungszustand geschrieben wurde.

Der Versuch ergab folgende Verhältnisse:

1. Senkrechte: Vor der Bluttransfusion
2. Senkrechte: Nach der Transfusion von 1000 ccm



Bei der vermehrten Herzfüllung zeigte sich im Vergleich zum vorher aufgenommenen Elektrokardiogramm in allen drei Ableitungen ein Kleinerwerden der Zacke R, ebenfalls ein Kleinerwerden der Zacke T in der ersten und zweiten Ableitung. T war in der dritten Ableitung in beiden Aufnahmen isoelektrisch.

Ferner wurde versucht, den Füllungszustand des Herzens dadurch zu ändern, daß die Extremitäten verschiedenartig gelagert wurden.

Die Versuchsperson wurde waagerecht auf einen besonderen Untersuchungstisch gelegt in der Art, daß der Oberkörper weitestgehend entspannt gelagert werden konnte. Die Arme lagen flach und waren zwecks Ruhelage gestützt. Der Tisch war so konstruiert, daß die Versuchsperson die Beine herabhängen lassen konnte. Weiterhin befanden sich an dem Untersuchungstisch jederseits Beinstützen, wie wir sie von den gynäkologischen Untersuchungstischen her kennen.

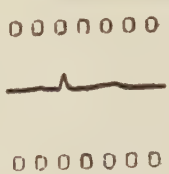
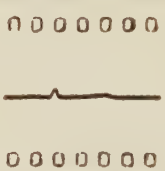
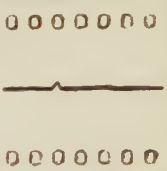
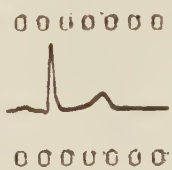
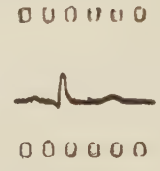
Dadurch, daß einmal die Beine herabhängen gelassen wurden, war anzunehmen, daß sich das Blut peripher in den unteren Extremitäten sammeln wird und eine verminderte Herzfüllung eintritt.

Zum anderen wurden die unteren Extremitäten auf die Beinstützen hochgelegt, und zwar ungefähr im Winkel von 60 Grad zum flach liegenden Oberkörper. Bei dieser Lage konnte man erwarten, daß eine große Menge Blut sich zentral sammelte und eine Vermehrung der Herzfüllung stattfand.

Es sollen einige Beispiele beschrieben werden, aus denen die Unterschiede der jeweiligen Zackenhöhe unter diesen verschiedenen Versuchsbedingungen hervorgehen.

Untereinander findet man wiederum die drei üblichen Extremitätenableitungen, die nebeneinander veranschaulichten Stromkurven geben ein deutliches Bild über die Höhenveränderungen der Zacken bei dem jeweiligen Füllungszustand des Herzens.

Versuchsperson We.

	1. Ekg. in Ruhelage	2. Ekg. Beine hoch (vergrößerte Füllung)	3. Ekg. Beine tief (verminderte Füllung)
I. Abl.			
II. Abl.			
III. Abl.			

Bei hochgelagerten unteren Extremitäten und somit *vermehrter* Herzfüllung verkleinert sich die Zacke R in der ersten und zweiten Ableitung deutlich sichtbar, in der dritten Ableitung etwas. Die T-Zacke wird in der ersten Ableitung niedriger, in der zweiten Ableitung deutlich bis auf die Hälfte vermindert, in der dritten Ableitung nur gering verkleinert.

Eine Veränderung von P kommt ebenfalls in der zweiten Ableitung in einem Abfall der Zackenhöhe zum Ausdruck.

Bei herabhängenden Beinen und dadurch *verminderter* Herzfüllung kommt es zu einem weiteren Abfall der Größe R in der ersten Ableitung, aber gegensätzlich dazu zu einem ausgesprochenen Anstieg von R in der zweiten Ableitung, während R in der dritten Ableitung nicht wesentlich geändert ist. T wird in der ersten Ableitung fast isoelektrisch, steigt in der zweiten Ableitung an, ist in der dritten Ableitung nicht wesentlich beeinflußt. P wird in der zweiten Ableitung etwas größer.

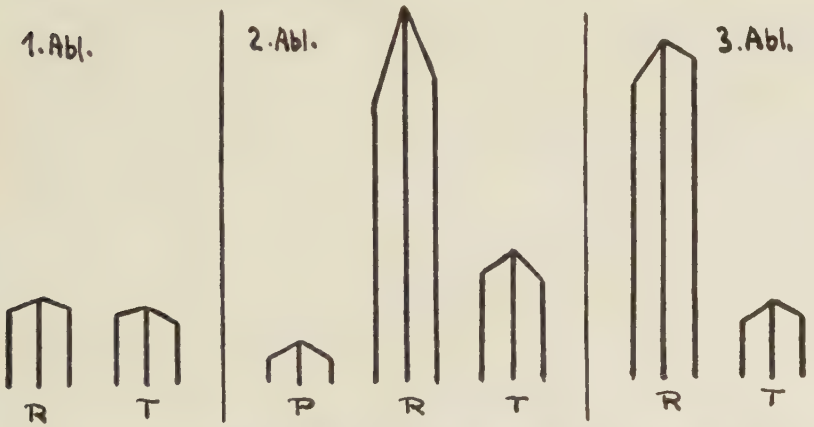
R und T verhalten sich in dieser Versuchsanordnung in den jeweiligen Ableitungen konkordant, die Ableitungen untereinander verhalten sich manchmal aber diskordant.

Die weiteren Beispiele sind wiederum in graphischer Darstellung gegeben. Nebeneinander sind (in dreifacher Vergrößerung) die Zackenhöhen unter den verschiedenen Versuchsbedingungen gezeichnet, ihre Verbindungslinie veranschaulicht die Veränderung der jeweiligen Zackenhöhe bei dem verschiedenen Füllungszustand des Herzens.

Versuchsperson H. W.

Zunächst wurde die Herzstromkurve bei hochgelagerten Beinen aufgenommen, dann das Elektrokardiogramm bei tief herabhängenden Beinen und dann in flacher Ruhelage registriert.

1. Senkrechte: Beine hoch (vermehrte Füllung)
2. Senkrechte: Beine tief (verminderte Füllung)
3. Senkrechte: Ruhelage

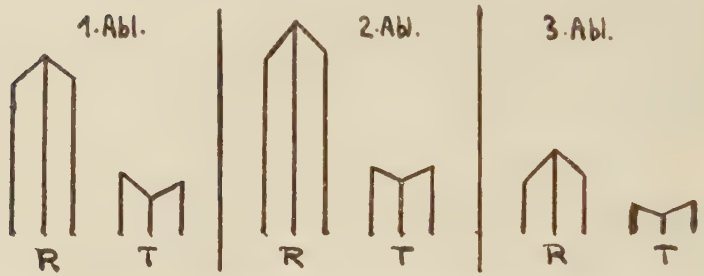


In diesem Versuch sind R und T in der ersten Ableitung nicht wesentlich verändert. In der zweiten und dritten Ableitung sind bei der vermehrten Herzfüllung sowohl R als auch T wesentlich kleiner als bei der verringerten Herzfüllung, bei der sämtliche Zacken ansteigen. Die Zacke P verändert sich in der zweiten Ableitung ebenfalls entsprechend der beiden anderen Zacken. Schließlich zeigt das dann aufgenommene Elektrokardiogramm in flacher Ruhelage ein erneutes Abfallen der Zackenhöhen.

Die Zacken verhalten sich in ihren Variationen gleichsinnig.

Versuchsperson Mü.

1. Senkrechte: Beine hoch (vermehrte Füllung)
2. Senkrechte: Beine tief (verminderte Füllung)
3. Senkrechte: In Ruhelage



Das bei vermehrter Herzfüllung (bei hochgelagerten unteren Extremitäten) geschriebene Elektrokardiogramm zeigt in allen drei Ableitungen ein niedrigeres R, dagegen aber ein vergrößertes T, während sich bei verminderter Herzfüllung ein Ansteigen von R und ein Kleinerwerden von T in den drei Ableitungen findet. Das danach registrierte Elektrokardiogramm in Ruhelage läßt wiederum eine Änderung der Zacken in entgegengesetzter Richtung erkennen, d. h. R wird niedriger, T wird größer.

Bei dieser Versuchsperson verhalten sich die Zacken R und T in allen Ableitungen entgegengesetzt.

Versuchsperson Lü.

1. Senkrechte: EKG in Ruhelage
2. Senkrechte: Beine hoch
3. Senkrechte: Beine tief
4. Senkrechte: Erneute Ruhelage

Bei hochgelagerten Beinen erfahren die Zacken R und T in der ersten Ableitung ein Ansteigen ihrer Höhe, während in der zweiten und dritten Ableitung beide Zacken deutlich kleiner sind als bei verminderter Füllung durch Herabhängen der unteren Extremitäten, wo in der ersten Ableitung R und T abfallen, wo dagegen in der zweiten und dritten Ableitung beide Zacken größer werden.

Ein in erneuter Ruhelage aufgenommenes Elektrokardiogramm ergibt, daß sämtliche Zacken sich wiederum in entgegengesetzter Richtung verändern, d. h., wo vorher Anstieg war, fällt jetzt die Zackenhöhe, wo vorher die Zacken kleiner wurden, findet sich jetzt ein Zunehmen in ihrer Höhe. Wenn auch in diesem Versuch die einzelnen Ableitungen untereinander in bezug auf die Zackenhöhe ein verschiedenes Verhalten zeigen, so sieht man doch, daß R und T sich immer in gleichsinniger Weise verändern.

Weitere Versuche ergaben ähnliche Veränderungen der Zackengröße.

Die gefundenen Ergebnisse der einzelnen Versuchsanordnungen sollen jetzt im Zusammenhang besprochen werden.

In den verschiedenen Versuchsanordnungen ist der Füllungszustand des Herzens einmal im Sinne einer Zunahme, zum anderen im Sinne einer Abnahme beeinflußt worden. Bei den experimentellen Versuchen konnte gezeigt werden, daß die Zacken R und T unter den verschiedenen Bedingungen Veränderungen in ihrer Höhe erfahren, die sich in allen Ableitungen fanden. Sehr oft verhielten sich die Veränderungen der Zackenhöhen R und T gleichsinnig und zwar in allen Ableitungen. Jedoch fiel auch öfters auf, daß die einzelnen Ableitungen untereinander manchmal ein verschiedenes Verhalten zeigten, und daß die Zacken als solche unter gleichen Bedingungen nicht immer eine Veränderung in gleicher Richtung zeigten, sondern daß sich auch Abweichungen fanden.

Ausgewertet wurden 98 Elektrokardiogramme, die bei verschiedenem Füllungszustand aufgenommen wurden.

In den folgenden Tabellen wird angegeben, in wieviel Prozent sich die Zacken nach der einen oder anderen Richtung verändert haben, wobei alle Ableitungen berücksichtigt werden.

Bei *Größerwerden* des Füllungszustandes finden sich folgende Resultate:

	1. Abl.	2. Abl.	3. Abl.
P wird kleiner	—	22,2 %	3,7 %
P wird größer	7,4 %	11,1 %	3,7 %
P unverändert	92,6 %	66,7 %	92,6 %
R wird kleiner	72 %	68 %	52 %
R wird größer	20 %	24 %	48 %
R unverändert	8 %	8 %	—
T wird kleiner	41,6 %	54,2 %	58,4 %
T wird größer	50 %	29,2 %	33,3 %
T unverändert	8,4 %	16,6 %	8,3 %

Ein Vergleich der Prozentzahlen bei vergrößerter Füllung ergibt nun folgendes Bild:

Die *Vorhofszacke P* bleibt in der Mehrzahl der Fälle in der ersten und dritten Ableitung unverändert, in der zweiten Ableitung dagegen tritt in einem Drittel der Fälle eine Veränderung auf, von denen die meisten eine Verkleinerung aufweisen.

Die *Zacke R* erfährt fast immer eine Veränderung: in allen drei Ableitungen, besonders aber ausgeprägt in der ersten Ableitung, wird häufiger ein Kleinerwerden der Zacke beobachtet, während nur in geringerem Maße die Zacke R eine Vergrößerung zeigt, und nur in seltenen Fällen unverändert bleibt.

Die *Zacke T* zeigt ein ähnliches Verhalten wie die Zacke R. In der zweiten und dritten Ableitung wird sie häufiger kleiner, nur in der ersten Ableitung sieht man dagegen, daß die Vergrößerung die Verkleinerung überwiegt, unveränderte T-Zacken fanden sich nur wenige.

Beim *Kleinerwerden* des Füllungszustandes finden sich folgende Resultate:

	1. Abl.	2. Abl.	3. Abl.
P wird größer	—	15,4 %	3,8 %
P wird kleiner	3,8 %	19,3 %	—
P unverändert	96,2 %	65,3 %	96,2 %
R wird größer	37 %	42,3 %	42,3 %
R wird kleiner	48,3 %	38,4 %	50 %
R unverändert	14,7 %	19,3 %	7,7 %
T wird größer	25,9 %	40 %	40 %
T wird kleiner	59,3 %	36 %	32 %
T unverändert	14,8 %	24 %	28 %

Bei vergleichender Betrachtung der Prozentzahlen ergibt sich bei *verminderter* Füllung folgendes Verhalten der Zacken:

Die *Zacke P* wird in der ersten und dritten Ableitung meist nicht verändert, nur in der zweiten Ableitung findet sich, wenn auch dort in geringerem Prozentsatz, teils eine Vergrößerung, teils eine Verkleinerung der P-Zacke.

Die *Zacke R* zeigt dagegen meistens eine Veränderung ihrer Höhe: Sehr häufig findet sich eine Zunahme der Zackenhöhe, ebenso häufig wird aber auch eine Abnahme beobachtet, die sogar in der ersten und dritten Ableitung überwiegt. Unbeeinflußt bleibt nur ein geringer Prozentsatz.

Die *Zacke T* weist meistens in allen Ableitungen Veränderungen auf, nur in einem geringen Teil des Untersuchungsmaterials fand sich T nicht verändert. Wenn auch in der ersten Ableitung die Veränderung der Zacke T am meisten in einer Verkleinerung zum Ausdruck kommt, so zeigen doch die zweite und die dritte Ableitung etwas häufiger ein Größerwerden der T-Zacke.

Bei einer Reihe der Versuchspersonen ist zum Abschluß der verschiedenen Versuchsanordnungen ein Elektrokardiogramm aufgenommen, einmal 10 Minuten nach Lösen der Bandagen, zum anderen 10 Minuten nach Abnahme der Staubinden. Angenommen wurde, daß in diesem Augenblick in der Regel die Normalfüllung des Herzens wieder erreicht sei. Und in der Tat zeigt ein Teil der unter-

suchten Fälle, daß sich die Höhe der Zacke R und der Zacke T ihrem Anfangswert nähert. In einigen Fällen allerdings war das nicht der Fall, aber es ist wohl anzunehmen, daß bei einzelnen Versuchspersonen noch kein völliger regulierender Ausgleich im Kreislauf stattgefunden hat.

Bei der *Erörterung der Ergebnisse* steht das Verhalten der *Zacke T* im Vordergrund, da ihr eine besondere klinische Bedeutung beigemessen wird. Es wird für die Größe der Zacke T der Durchblutungszustand des Herzens verantwortlich gemacht. Als Zeichen einer geringeren Durchblutung wird ein kleineres T angesehen.

Diese Ansicht vertreten auch Schlomka und Reindell (5), die Untersuchungen über das Verhalten der Herzstromkurve beim Übergang vom Liegen zum Stehen angestellt haben. Diese Autoren schrieben zunächst das Elektrokardiogramm der Untersuchungspersonen in bequemer Ruhelage, dann erhoben sich die Untersuchten und blieben aufrecht stehen, währenddessen die Veränderungen im erneuten Elektrokardiogramm beobachtet wurden. Hierbei wird beim Stehen unter anderem vor allem die Zacke T in ihrer Höhe und Form verändert. Fast regelmäßig wird eine Verkleinerung der Amplitude beobachtet, in einer Reihe von Fällen nimmt sogar die Höhe von T bis zur Isoelektrischen ab oder T ist gar nach unten gerichtet. Schlomka und Reindell deuten diesen Befund zum größten Teil als Auswirkungen der durch die veränderten Einwirkungsverhältnisse der Schwerkraft bedingten Umstellungen bzw. Störungen der Blutverteilung in der Blutversorgung des Myocards.

Nur in seltenen Fällen beobachteten die Autoren beim Aufstehen eine Vergrößerung von T, diese wenigen so reagierenden Personen werden als funktionell ungünstig bezeichnet.

Ebenfalls sind von Sven Akesson (6) Untersuchungen über das Verhalten des Elektrokardiogramms beim Übergang vom Liegen zum Stehen gemacht worden. Das im Liegen geschriebene Elektrokardiogramm zeigt eine völlig normale Kurve, indessen zeigt die 8 Minuten nach dem Aufstehen im Stehen geschriebene Herzstromkurve deutliche Veränderungen des Kammerkomplexes. Es findet sich nämlich im Stehen eine deutliche Verminderung der Höhe der Zacke T in allen drei Ableitungen. Gestützt auf Versuche mit Thoraxableitungen führt Sven Akesson den Beweis, daß eine Lageverschiebung des Herzens nicht verantwortlich gemacht werden kann, hingegen gibt er als Ursache der Verkleinerung der Zacke T an, daß eine verminderte Blutzufuhr zur Herzmuskulatur zu der Veränderung des Kammerkomplexes führt. Hervorgerufen wird die verminderte Blutzufuhr dadurch, daß sich beim Stehen das Blut in den Bauchorganen und in den herabhängenden Körperteilen ansammelt.

Wie diese angeführten Autoren können auch wir einen Teil unserer Ergebnisse erklären. In einer Reihe der Fälle sehen wir ja bei vermehrter Herzfüllung ein Größerwerden der Zacke T, bei verminderter Herzfüllung ein Kleinerwerden der Zacke T. Wir glauben, daß bei diesen Fällen eine solche Veränderung im Elektrokardiogramm als Ausdruck der jeweiligen Durchblutung des Herzens zu bewerten ist, indem eine schlechtere Durchblutung bei gleichzeitiger Abnahme der Kontraktionsstärke ein Kleinerwerden der Zacken zur Folge hat.

Aber ein großer Teil unserer Versuchsergebnisse steht zu diesen Befunden im Gegensatz. Bei der in unseren Versuchen experimentellen Verkleinerung der Herzfüllung und somit sicheren schlechteren Durchblutung des Herzens konnte öfters eine Vergrößerung der T-Zacke erreicht werden, wie ein Vergleich der Prozentzahlen zeigt. Bei einer Vergrößerung der Herzfüllung und damit einer besseren Durchblutung zeigte sich bei vielen Versuchen eine Verkleinerung der T-Zacke.

Wenn aber Veränderungen betreffs der Höhe der Zacke T auftreten, wie man sie in Hinsicht auf den jeweiligen Durchblutungszustand des Herzens nicht erwarten sollte, so muß ein anderer Faktor in Rechnung gebracht werden, der auf die Zackengröße von ausschlaggebendem Einfluß ist.

Gestützt auf die anfangs erwähnten experimentellen Versuche am Tier von Weitz und von Seemann und auf Grund unserer in dieser Arbeit beschriebenen jetzigen experimentellen Versuche am gesunden Menschen, glauben wir, daß dieser andere Faktor eben die jeweilige Blutfüllung des Herzens ist, d. h. der Herzinhalt, der die Höhe der Zacke T beeinflussen kann, indem eine verringerte Herzfüllung die Zacke vergrößert, eine vermehrte Herzfüllung sie verkleinert.

Wenn Schlomka und Reindell und Sven Akesson in ihren Versuchen am liegenden und dann am stehenden Menschen Veränderungen in diesem Sinne nicht oder nur selten gesehen haben, ihre elektrokardiographischen Veränderungen aber auch mit einer Änderung der Blutverteilung im Körper in Zusammenhang bringen, so mag das daran liegen, daß bei unseren experimentellen Versuchen eine weit größere Menge Blut entweder ins Herz gebracht wird oder aus dem Herzen entfernt wird, als es je beim Aufstehen und beim Liegen zu erreichen wäre.

Da die *Zacke P* in einem nur sehr geringen Teil am menschlichen Material mal in der einen, mal in der anderen Richtung beeinflußt wird, ist es fraglich, wie weit auf sie der verschiedene Füllungszustand des Herzens einwirken kann.

Wenn auch in der Regel für die Entstehung der *Zacke R* andere Faktoren geltend gemacht werden wie für die Zacke T, so ist doch anzunehmen, daß auch sie in ihrer Höhe durch den verschiedenen Füllungszustand des Herzens beeinflußt werden kann, was daraus hervorgeht, daß sich die Zacke R und die Zacke T in vielen Fällen, wenn auch nicht immer, in gleichsinniger Weise verändern.

Resultat:

Durch verschiedene experimentelle Versuchsanordnungen am gesunden Menschen ist gezeigt worden, daß der Füllungszustand des Herzens auf die Höhe der Zacken des Elektrokardiogramms einen ausschlaggebenden Einfluß ausüben kann. Verändert werden vor allem die Zacke R und die Zacke T.

Verringerte Blutfüllung des Herzens vergrößert die Zacken, vergrößerte Blutfüllung verkleinert die Zacken.

Klinische Bedeutung finden die Ergebnisse unserer Versuche betreffs der Zacke T insofern, als eine kleine T-Zacke auch bei gut gefülltem und durchblutetem Herzen auftreten kann, also nicht in allen Fällen im Sinne einer Durchblutungsstörung des Myocards bewertet werden darf.

Literatur.

1. Dressler — Klinische Elektrokardiographie.

2. Marzahn — Zeitschrift für klinische Medizin, Band 130/1936. Elektrokardiographische Untersuchungen bei Arbeit.

3. Seemann — Zeitschrift für Biologie, 1912, 59. Band.

4. Weitz — Deutsches Archiv für klinische Medizin, Band 111. Experimentelle Untersuchungen über die Veränderungen des Elektrokardiogramms bei Änderung der Herzarbeit.

5. Schlomka und Reindell. Zeitschrift für klinische Medizin, Band 130/1936. Beiträge zur klinischen Elektrokardiographie.

6. Sven Akesson — Zeitschrift für klinische Medizin, Band 131/1937. Untersuchungen über das Verhalten der Herzstromkurve beim Übergang vom Liegen zum Stehen.

Lebenslauf.

Am 4. Juni 1911 wurde ich, Heinrich Warnecke, als Sohn des Zahnarztes Dr. med. dent. Heinrich Warnecke, in Bremen geboren. Ich besuchte das Realgymnasium zu Bremen, legte Ostern 1930 die Reifeprüfung ab. Ich studierte Medizin an den Universitäten zu Frankfurt am Main und Hamburg, wo ich am 25. Januar 1937 das ärztliche Staatsexamen bestand. Als Medizinalpraktikant war ich an der II. Medizinischen Universitätsklinik Eppendorf und der Chirurgischen Universitätsklinik Eppendorf und am Hygienischen Institut zu Hamburg tätig. Am 1. Februar 1938 erhielt ich meine Bestallung als Arzt. Zur Zeit bin ich Assistent auf der bakteriologischen Abteilung des Hygienischen Institutes zu Hamburg.

Zum Schluß erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. Weitz für die liebenswürdige Überlassung des Themas und für das hilfsbereite Entgegenkommen meinen herzlichsten Dank zum Ausdruck zu bringen.

Carl Schünemann, Bremen